はじめに

本講座は，難関大の受験に向けて，ハイレベルの問題に対する解答力を身に付けるための講座です。

難関大の生物の問題は，知識だけで乗り切ることはできません。他の理科科目に比べて問題文の分量も多く，初見のデータや図を解釈しなくてはならないため，多くの受験生は苦しい思いをしているはずです。また，解答は記述形式のものが多く，自分の考えを短時間で端的にまとめる力も要求されます。

本講座では，難関大合格のために必要なこれらの読解力，分析力，記述力を養うために，ぜひ経験しておいてほしい問題を多く掲載しました。講義では，それらの問題の解説を中心に進めていきますので，あらかじめ問題を解いた上で動画を視聴するようにしてください。かなり難しい問題も載せているので，全ての問題を解ききるのは困難です。それぞれの小問で壁に当たるまで挑戦してみましょう。

ある程度の背景知識を前提としているので，知識で解ける小問などは解説では軽く触れる程度で進めていきます。知識が不十分であると感じる場合は，対応する高３生物の講座を視聴するなどして充実を図ってください。

基本的な知識を土台にして，データを解釈し，仮説を立て，検証する。この流れは，どのようなレベルの問題に対しても変わらない共通のアプローチです。生物の解答力は，すなわち汎用性の高い科学的な思考力そのものです。一朝一夕で身に付くものではありませんが，決して天才達だけのものでもありません。まずは，この講座をきっかけに，さらに高いレベルに挑戦していってください。

牧島　央武

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

目次

第 1 講	同位体を用いた実験	p.4
第 2 講	染色体と遺伝子	p.12
第 3 講	興奮の伝導，伝達	p.20
第 4 講	拒絶反応，抗原抗体反応	p.30
第 5 講	膜タンパク質，糖の取り込み	p.42
第 6 講	酵素反応の調節，限定要因	p.54
第 7 講	遺伝子①	p.64
第 8 講	遺伝子②	p.74
第 9 講	生態系内の物質循環	p.84
第10講	進化の仕組み	p.92

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第１講　同位体を用いた実験

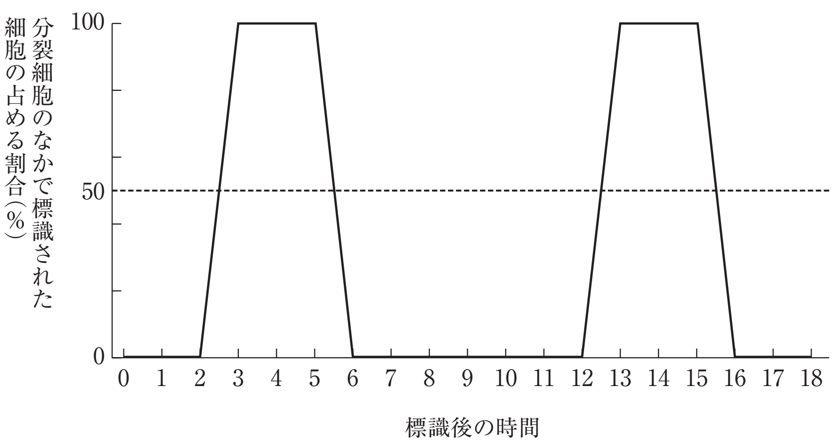
【1】　次の文を読んで以下の設問に答えよ。

増殖し続ける細胞は，M期（分裂期）—G_1期—S期（DNA合成期）—G_2期を繰り返す。この繰り返しを細胞周期とよぶ。いま，すべての細胞が同じ周期で分裂を続けている細胞集団がある。この細胞集団では，細胞周期上の各時期の長さはすべての細胞で等しく，しかも細胞周期の中で細胞は一様に分布しているとする。

ヌクレオチドを構成する塩基である①チミンの水素原子の一部を放射性同位体で置き換えたものを作り，培養液に入れておくと，細胞はDNAを合成する時にその物質を取り込む。この時，この細胞は放射性同位体によって「標識された」といわれる。このような細胞集団を適当に薬品処理すると標識された細胞を顕微鏡で観察することができる。

②細胞集団を短時間だけそのような培養液に入れたあと，放射性同位体を含まない培養液に戻した。一定時間ごとに固定し，染色体を見るためのサンプルをいくつも作った。分裂細胞中に現れた標識された細胞を数えて次のグラフを描くことができた。このグラフから，標識された細胞が細胞周期を進んでいくようすを知ることができる。

③標識してから２時間経過した後のサンプルで，はじめて分裂期の細胞に標識された染色体が見られた。その④１時間後のサンプルでは，分裂中の細胞はすべて標識されていた。そこから⑤２時間を過ぎると，分裂中の細胞に占める標識された細胞の割合は減り始め，１時間後には０％になった。さらにその⑥６時間経過した後のサンプル，すなわち，はじめて分裂期の細胞に標識された染色体が見えてから10時間経過した後のサンプルでは，再び分裂期の細胞に標識された染色体が見られた。その後は，同じ現象が繰り返された。



ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

1．下線部①に関して，他の塩基ではなく，チミンを標識するのはなぜか説明せよ。

2．下線部②に関して，最初に標識されるのは，培養液に入れた時に何期にあった細胞か答えよ。

3．下線部③の2時間は，細胞周期の何期の長さにあたるか。

4．下線部④から細胞周期の何期の長さがわかるか。それは何時間か。

5．下線部⑤から細胞周期の何期の長さがわかるか。それは何時間か。

6．下線部⑥から細胞周期全体の長さがわかる。それは何時間か。

7．G_1期の長さを求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

【2】　細胞を質量の大きい窒素の同位体(^{15}N)を含む培養液で培養し続けると，DNAの持つ窒素を全て^{15}Nに置き換えることができる。その後，質量が小さい同位体である^{14}Nを含む培養液に移して培養を続けると，新しく合成されたDNAは全てが^{14}Nを含むことになる。細胞からDNAを抽出し，短い断片にした後に高温処理などをして２本鎖をほどき，１本鎖の状態で比重の違いによって分離すると，もとから存在していた^{15}Nを含むDNAと，新しく合成された^{14}Nを含むDNAに分離することができる。ここでは^{15}Nを含む１本鎖DNAを重いDNA，^{14}Nを含む１本鎖DNAを軽いDNAと呼ぶことにする。以下に示す実験１は仮想実験であり，実際に実行可能であるか否かは問わない。

〔実験１〕　核相が単相の酵母を培養したところ，2時間で2倍に増殖した。この細胞集団では，細胞分裂の過程は同期していなかった。この集団を^{15}Nを含む培養液で培養し，全ての細胞が重いDNAのみを持つようにしたのち，２つの群に分けた。第一群では培養液を^{14}Nを含む培養液に換え，２時間培養した。培養後，細胞数は予想通り２倍になっていた。第二群では，^{14}Nと共に細胞分裂を阻害する薬剤を含む培養液に換え，２時間培養した。培養後，細胞の数は増えておらず，全ての細胞は分裂期の状態にあった。

問１　実験１の第一群の細胞から下の(ア)および(イ)に相当する細胞を１つだけ取り出し，文章の方法で軽いDNAのみを分離した。それらのDNAの塩基組成を調べた時，予想される結果として適切なものを，a)～g)のうちからそれぞれ全て選べ。

(ア)　^{14}Nを含む培養液に換えてから初めて分裂期を迎えた細胞の１つ

(イ)　^{14}Nを含む培養液に換えてから初めて生じた娘細胞の１つ

a)　A：Cの比は１：１になる。
b)　A：Gの比は１：１になる。
c)　A：Tの比は１：１になる。
d)　A＋C：G＋Tの比は１：１になる。
e)　A＋G：C＋Tの比は１：１になる。
f)　A＋T：C＋Gの比は１：１になる。
g)　塩基組成に規則性はない。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　実験１の第一群の細胞を１つ１つに解離し，それぞれが持つ総DNA量を測定してヒストグラムを作成したところ図1のようになった。図中の横軸はDNA相対量であり，１は染色体１セットに含まれるDNA量である。縦軸はそれぞれのDNA量を持つ細胞の数の割合である。ただし，DNA量の測定では窒素の同位体の重さの違いは無視できるものとする。このグラフから，この細胞はDNA複製を始めてから終了するまでに何分かかると考えられるか。

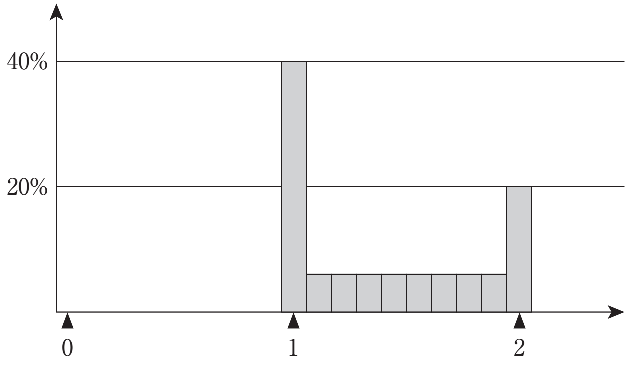
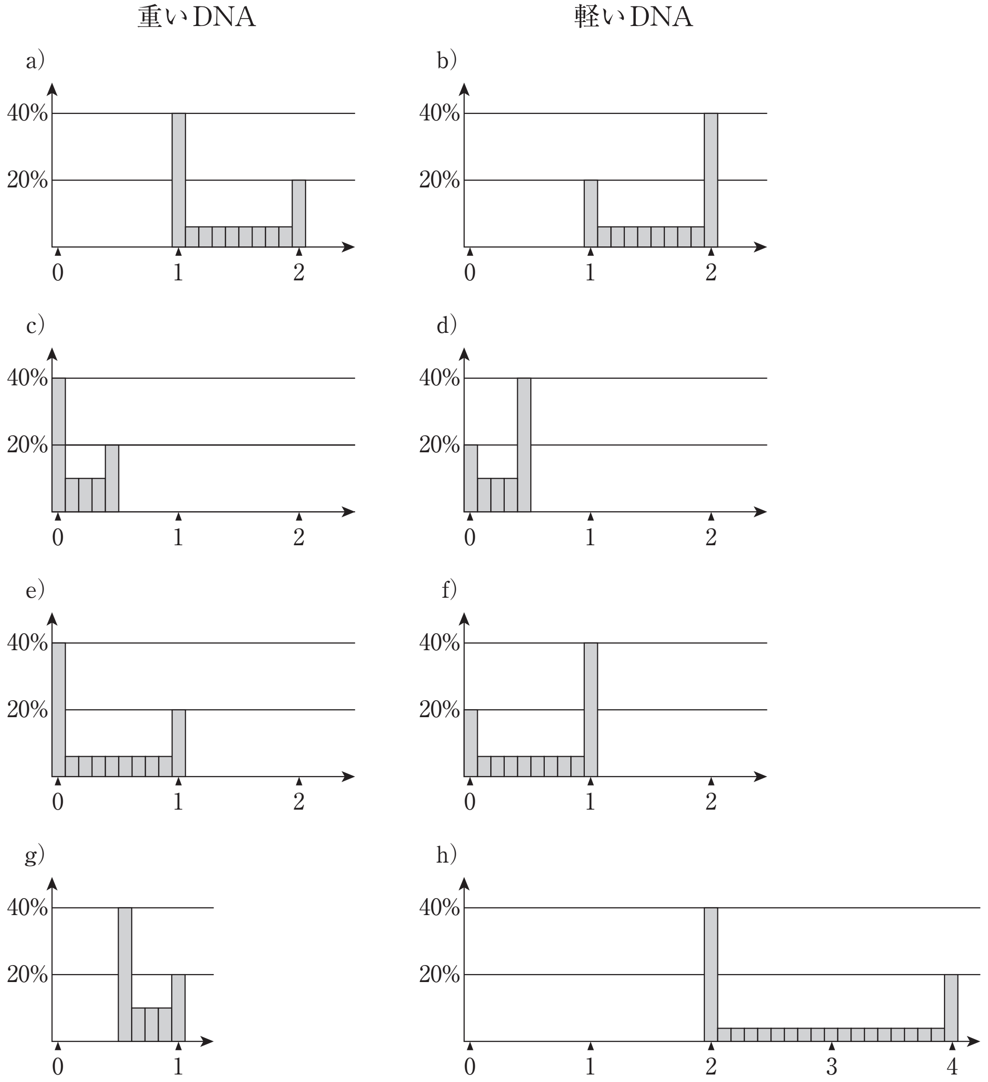


図１

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　実験１の第二群の細胞（細胞分裂が阻害され，全ての細胞は分裂期の状態にある）を１つ１つに解離し，それぞれの細胞から文章の方法で重いDNAと軽いDNAを分離し，そのDNA相対量を測定した。測定値から重いDNAの量のヒストグラムと軽いDNAの量のヒストグラムを作成した。予想されるグラフを次の図の選択肢a)～h)のうちからそれぞれ１つずつ選べ。ただし，DNA量の測定では窒素の同位体の重さの違いは無視できるものとする。



問４　実験１の第一群の細胞（細胞分裂は阻害されておらず，細胞数は２倍に増加している）を用いて問３と同様の測定を行い，重いDNAの量のヒストグラムと軽いDNAの量のヒストグラムを作成した。予想されるグラフを前の図の選択肢 a)～h)のうちからそれぞれ１つずつ選べ。ただし，DNA量の測定では窒素の同位体の重さの違いは無視できるものとする。

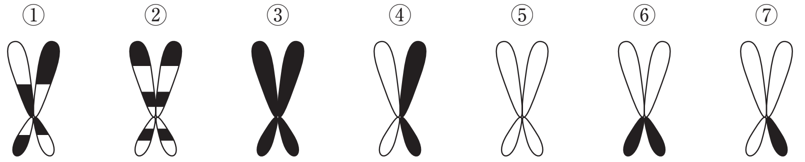
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第１講　確認テスト

細胞の増殖に関する以下の文章［Ⅰ］と［Ⅱ］を読み，以下の問に答えなさい

［Ⅰ］　動物や植物の細胞はDNA合成準備期（G_1期），DNA合成期（S期），分裂準備期（G_2期），分裂期（M期）という細胞周期を繰り返して増殖する。このうちM期はさらに前期，中期，後期，終期に分けられる。がん細胞は培養液中で培養していると，すべての細胞がこの細胞周期を繰り返しながら増え続けることができる。このようにがん細胞がさかんに増殖している時に，培養液に放射性同位体で標識したチミジンを添加しておくと，DNA複製の際に，新しく合成されるDNA鎖に標識したチミジンが取り込まれ，DNAが標識される。その後，標識したチミジンを含まない培養液に細胞を移して培養を続け，標識されたDNA鎖を含む細胞が最初のM期に達したとき，標識したチミジンの放射線を目印にして追跡することにより染色体の様子を調べた。ただし，標識したチミジンを取り込んだ細胞も普通の細胞と同じように細胞周期が進行する。

問１　下の選択肢①～⑦は，標識されたDNA鎖を含む分裂中期の染色体を模式的に表したものである。標識された染色体の部分は黒く塗りつぶしてある。標識された染色体として最も適切なものを次の①～⑦のうちから１つ選べ。



問２　この細胞を標識チミジンを含まない培養液でさらに培養し，次のM期になったとき，中期の染色体が標識されている状態を調べた。このときの染色体はどのように標識されているか。最も適切なものを問１の選択肢①～⑦のうちから１つ選べ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

［Ⅱ］　サイトカラシンBという薬剤を培養液に添加すると，細胞周期は細胞質分裂に進むことができない。そのため時間とともにM期の細胞の数が増加する。図1は，培養液に標識したチミジンとサイトカラシンBを同時に加え，時間を追って細胞の数と，その細胞が標識されたDNAを持つかを調べた結果をグラフに表したものである。図1の“時間0”の値は，サイトカラシンBを加えた直後の短時間(数分)後の値を示してあり，サイトカラシンBを加えた時点で5%の細胞がM期にあり，30%の細胞でDNA合成が行なわれていることを示している。

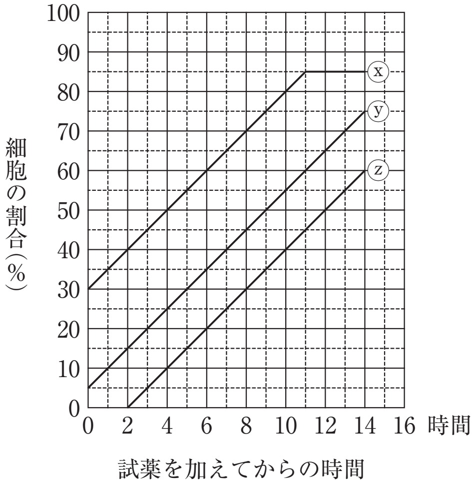


図1　標識チミジンとサイトカラシンBを加えてからの各細胞の割合の時間変化
ⓧ標識されたDNAを持つすべての細胞の割合
ⓨM期の細胞の割合
ⓩ標識されたDNAを持つM期の細胞の割合

問3　時間0でDNAが標識されていない70%の細胞は細胞周期のどの時期にあるか。該当する時期を①～④のうちからすべて選べ。

①　G_1期　　②　S期　　③　G_2期　　④　M期

問4　標識されたDNAを持つ細胞の割合は，図1のⓧのように85%に達するとそれ以上は増加しない。いつまでも標識されない残りの15%の細胞はサイトカラシンBを入れた時点でどの時期にあった細胞か。該当する時期を①～④のうちからすべて選べ。

①　G_1期　　②　S期　　③　G_2期　　④　M期

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問５　標識されたDNAを持つM期の細胞の割合(図１のⓩ)は最初の２時間は０％である。この２時間は，細胞周期のどの時期の所要時間に相当するか。該当する時期を①～④のうちからすべて選べ。

①　G_1期　②　S期　③　G_2期　④　M期

問６　これらの結果から，この細胞が細胞周期を一周するのに要する時間は20時間であり，各時期の所要時間は，G_1期は［ア］時間，S期は［イ］時間，G_2期は［ウ］時間，M期は［エ］時間であると計算される。［ア］～［エ］に入る数字を整数でそれぞれ答えよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

テキスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第１講

【1】

1．RNAに含まれないチミンを用いることで，DNAを特異的に標識できる。

2．S期(DNA合成期)

3．G_2期

4．M期(分裂期)，１時間

5．S期(DNA合成期)，３時間

6．10時間

7．10－(3＋2＋1)＝4　　答)　4時間

【2】

問１　(ア)　c)，d)，e)　　(イ)　g)

問２　48分

問３　重い…a)　　軽い…f)

問４　重い…g)　　軽い…g)

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

確認テスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第1講　確認テスト

［Ⅰ］

問1　③　問2　④

［Ⅱ］

問3　①，③，④　問4　③，④　問5　③

問6　(ア)　11　(イ)　6　(ウ)　2　(エ)　1

【解説】

問1　1回目のDNA複製の後は，各々の染色分体を構成する2本鎖DNAのうち，一方のヌクレオチド鎖のみが放射性のチミジンを取り込んでいる。しかし，2本鎖DNAはヒストンに巻き付きながらコイル状に緻密に折りたたまれて染色分体を形成しているため，結局染色体全体が標識されているように見えることになる。ゆえに，③が正しい。

問2　1回目のM期の後，娘細胞は一方のヌクレオチド鎖のみが標識チミジンを取り込んでいる2本鎖DNAを受け継ぐ。この細胞を，標識チミジンを含まない培養液でさらに培養すると，S期で半保存的にDNA複製が行われた結果，一方の染色分体は標識チミジンを含まない2本のヌクレオチド鎖で，もう一方の染色分体は一方のヌクレオチド鎖のみが標識チミジンを取り込んでいる2本鎖DNAで構成されることになる。ゆえに，分裂中期の染色体では，染色分体の一方のみから標識が確認できることになり，④が正解となる。

問3　標識したチミジンを取り込むのはDNA合成を行っているS期の細胞のみであり，時間0で標識が確認できた全体の30%の細胞はS期にあったと考えられる。ゆえに，残りの70%はS期以外，すなわちG_1期，G_2期，M期であったと考えられる。

問4　サイトカラシンBは細胞質分裂を阻害するため，実験開始時にG_2期，M期にあった細胞は，S期を経ることなく細胞周期を止めてしまう。ゆえに，時間が経過しても標識されない15%の細胞はサイトカラシンBを添加した時点でG_2期，M期にあった細胞であると考えられる。

問5　標識したチミジンを取り込むのはDNA合成を行っているS期の細胞のみであるため，実験開始時に図1のⓩ(標識されたDNAをもつM期の細胞の割合)が0%であるのは，当然である。その後，S期の最後にいた細胞がG_2期を経てM期に到達することで，図1のⓩは0%以上になっていく。ゆえに，ⓩが0%のままである2時間は，G_2期の長さに相当すると考えられる。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問6　細胞周期全体が20時間であり，観察された細胞の5％が分裂期，30％がS期であったとすると，分裂期の要する時間は，20×0.05＝1時間，S期に要する時間は20×0.3＝6時間となる。また，問5よりG_2期は2時間であることから，20－(1＋6＋2)＝11時間がG_1期に要する時間となる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。